



SAVONIA

Mittaustietoutta työnjohdolle

Juhani Jalkanen

Opinnäytetyö

____. ____.

Valitse kohde.

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Juhani Jalkanen	
Työn nimi Mittaustietoutta työnjohdolle.	
Päiväys 26.5.2016	Sivumäärä/Liitteet 27
Ohjaaja(t) Tuntiopettaja Juha Pakarinen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Oma aihe	
Tiivistelmä <p>Mittamiehen ja työnjohdon saumaton yhteistyö rakennustyömaalla vaikuttaa hankkeen onnistumiseen, niin laadullisesti kuin taloudellisesti. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kertoa valmistuneille työnohtajille yhteistoiminnasta työnjohdon ja mittamiehen välillä rakennustyömaalla ja siten parantaa hankkeen onnistumista. Lisäksi työn tavoitteena oli kertoa mittamiehen ammatista ja käytettävästä kalustosta pääpainon ollessa työmaalla tapahtuvassa yhteistoiminnassa.</p> <p>Työssä on hyödynnetty tekijän yli 25 vuoden kokemusta rakennustyömailta, josta mittaukseen on kertynyt noin kaksikymmentä vuotta. Mittaukseen on kertynyt kertynyt mittauspalveluja tuottavien konsulttiyritysten palveluksessa, jolloin työmaita ja erilaisia toimintatapoja on kertynyt paljon.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin tiivistetty kokonaisuus mittaukseen vastavalmistuneille rakennusalan työnohtajille. Työn tulosten merkitykseen vaikuttaa se, miten työ löytää lukijansa. Työkokemusta on vaikea opettaa, mutta kokemuksia työssä olevat pystyvät jakamaan.</p>	
Avainsanat mittamies, työnjohto, mittaus, rakennustyömaa	

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES**THESIS
Abstract**

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Construction Management	
Author(s) Juhani Jalkanen	
Title of Thesis Surveyor Knowledge for Construction Site Managers	
Date 26 May 2016	Pages/Appendices 27
Supervisor(s) Mr Juha Pakarinen, Lecturer	
Client Organisation/Partners Author's own topic	
<p>Abstract</p> <p>The cooperation between a surveyor and a construction manager has an effect on the success of the construction site project in terms of quality and cost-effectiveness. The aim of this thesis was to tell the graduated construction managers about the cooperation between management and surveyors and in that way improve the success of the project. In addition, the aim was to tell about the profession of a surveyor and about the equipment they use at the construction site, the main focus being on cooperation.</p> <p>The author's work experience of over 25 years at construction sites, of which 20 years in surveying, was utilized in the project. The work experience in surveying has mainly been gained from working for consultant companies specialized in surveying. Thus, the work experience consists of many different kinds of construction sites and procedures.</p> <p>As a result of this thesis was a summary of surveying tasks for the knowledge of graduated construction site managers. The information provided in this thesis will help them improve their cooperative skills with surveyors.</p>	
<p>Keywords Surveyor, Construction site management, measuring, Construction Site</p>	

SISÄLTÖ

KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT	6
1 JOHDANTO	8
1.1 Tausta ja tavoitteet	8
1.2 Mittaustyö.....	8
2 MITTAMIEHEN TYÖNKUVA	9
3 MITTAUSKALUSTO.....	12
3.1 Maastotallennin	13
3.2 Takymetri	13
3.3 Gps	13
3.3.1 Korjaussignaali	13
3.4 Tarkkuudet	14
3.5 Mittalaitteiden huolto	14
4 MITTAUSOHJELMISTOT	15
4.1 Maastomalli	15
4.2 Rakennemalli	15
5 3D-KONEOHJAUS.....	17
6 TOIMINTA TYÖMAALLA.....	19
6.1 Tarjouslaskenta.....	19
6.2 Milloin mittamies työmaalle	19
6.3 Mittaussuunnitelma	19
6.4 Mittauskaluston valinta työhön	20
6.5 Rakennuspaikan merkintä	20
6.6 Mittausperustan tekeminen	20
6.7 Koordinaatistot.....	21
6.8 Mittausaineiston käsittely	21
6.9 Lähtötietojen kartoitus.....	22
6.10 Tarkemittaus.....	22
6.11 Määrämittaus	22
6.12 Työnjohdon tehtävät mittaustöissä	23
7 MITTAUSVIRHEET	24
8 POHDINTAA	25
LÄHTEET	27

KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT

FIN2000, FIN2005	FIN200 ja FIN2005 ovat geoidimalleja, joiden avulla muunnetaan satelliitti-mittauksessa mitattuja korkeuksia Suomessa käytettäviin korkeusjärjestelmiin.
GALILEO	Eurooppalainen rakenteilla oleva satelliittipaikannusjärjestelmä
GEODIMALLI	Geoidimallin avulla voidaan muuttaa GPS-korkeuksia vastaamaan N-järjestelmän mukaisia korkeuksia.
GLONASS	Global Navigation Satellite System. Glonas on Venäjän ylläpitämä satelliittipaikannusjärjestelmä.
GNSS	Global Navigation Satellite System. GNSS on maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä GPS, Glonass ja Galileo ovat sen osajärjestelmiä.
GPS	Global Positioning System. GPS on Yhdysvaltain ylläpitämä satelliittipaikannusjärjestelmä.
KKJ	Karttakoordinaattijärjestelmä
MITTAUSPERUSTA	Työmaan lähtöpisteet joilla x,y,z koordinaatit
N43, N60	Vanha korkeusjärjestelmä
N2000	Käytössä oleva korkeusjärjestelmä
ROBOTTITAKYMETRI	Elektro-optinen mittauskoje, jolla pystyy yksistään mittaamaan vaak- ja pystykulmia sekä etäisyyksiä.
RTK-MITTAUS	RTK- mittauksessa, (Real Time Kinematic) saadaan mittaustieto reaaliajassa.

TAKYMETRI	Elektro-optinen mittauskoje, jolla mitataan vaaka- ja pysty- kulmia sekä etäisyyksiä.
VRS	VRS virtuaalitukiasema
VVJ	Ensimmäinen valtakunnallinen tasokoordinaatisto, Valtion vanha järjestelmä (Helsingin järjestelmä)

1 JOHDANTO

1.1 Tausta ja tavoitteet

Työkokemusta voidaan koulussa hankkia ainoastaan lomien aikana työharjoittelussa. Työharjoittelussa työtehtävät voivat olla hyvinkin kaukana siitä mitä työnkuva on koulusta valmistuttua. Tiukka hintakilpailu omalta osaltaan on vaikuttanut työntekijöiden määrään työmaalla, jonka takia kaikkien pitäisi olla ammattilaisia heti valmistuttua. Näin ei kuitenkaan todellisuudessa ole, joten työelämässä olevien pitää jakaa omaa tietoutta kaikin mahdollisin tavoin uusille työntekijöille. Tässä työssä on pyritty jakamaan tietoutta mittaustöistä ja niiden merkityksestä rakennushankkeessa.

1.2 Mittaustyö

Rakennushankkeen onnistuneen lopputuloksen kannalta, hyvin suoritettu mittaustyö on avainasemassa. Hyvin suoritettu mittaustyö mahdollistaa laadukkaan ja taloudellisen rakentamisen, ja se on tehty hyvää mittaustapaa noudattaen. Hyvä mittaustapa tarkoittaa, että mittauksissa sovelletaan käytännössä hyviksi koettuja mittausmenetelmiä ja yleisesti hyväksyttyä mittausteknillistä tietämystä. (Laurila 2012, 41.)

Mittamies joutuu työnsä puolesta tutustumaan kaikkiin työmaan asiakirjoihin. Mittamies toimii työmaalla tietopankkina, jolta voivat kysyä niin rakentajat, kuin työnjohtokin työmaan rakenteisiin ja mittoihin liittyviä asioita.

Käytetäänkö omaa mittamiestä, vai ostetaanko palvelut mittauskonsultilta on kysymys mitä mietitään monessa yrityksessä. Oma mittamies tuntee yrityksen tavat ja konsultti monen yrityksen tavat, joten oikeata vastausta on vaikea antaa. Päätökseen vaikuttaa työmaan kesto ja mittaustarve. Jos työmaan mittaustarve on keikkaluontoista on konsultin käyttö todennäköisesti parempi vaihtoehto. Tällöin joudutaan työsuunnittelussa ottamaan huomioon mittamiehen saaminen työmaalle, koska mittauskonsultilla on todennäköisesti muitakin työmaita samanaikaisesti käynnissä. Yrityksellä ollessa useita pienempiä kohteita, missä mittausta tarvitaan, on oman mittamiehen työn aikatauluttaminen helpompaa.

2 MITTAMIEHEN TYÖNKUVA

Mittamies on yleisnimitys mittaustöitä tekevistä ammattihenkilöistä. Mittamies voi olla itseoppinut, suorittanut ammattikorkeakoulututkinnon tai kaikkea siltä väliltä. Työmaalla mittamiehen arvostus mitataan enemmän osaamisen, kuin koulutuksen kautta. Robottitakymetrin myötä mittausryhmä koostuu yhdestä henkilöstä. Tämä palkkakustannuksia säästävä mittaustapa on vaikuttanut myös mittaajien ammattitaitoon. Ennen aikaan koulusta valmistuttua oltiin niin sanottuna ”nollapäänä” ja saatiin rauhassa ilman paineita tutustua mittaustöihin. Kokemuksen karttuessa siirryttiin koneen taakse mittaryhmän vetäjäksi.

Mittamiehen työ ei ole pelkästään rakenteiden paikoilleen merkitsemistä ja tarkemittauksien ottamista. Työtehtäviin kuuluu monipuoliset massa- ja määrälaskennat, toteutumakuvien piirtämiset ja työntekijöiden opastaminen työhön. Koska työmaiden aikataulutuksessa on harvoin varattu aikaa mittaukselle, onkin mittamiehen tehtävänä aikatauluttaa oma työ muiden aikatauluun sopivaksi. Miten hyvin aikatauluttaminen onnistuu, on sitä kokemusta, jota ei opi kuin työmaalla mittaustöitä tekemällä. Sanonta, tehdä tuntipalkalla ja urakkatahdilla, kuvastaakin hyvin mittamiehen työnkuva.

On tehtävä selvä ero sille, että osaa käyttää laitteita, kuin osaa mitata. Pelkkä laitteiden käytön osaaminen ei tee kenestäkään mittamiestä. Jokainen oppii pienellä koulutuksella orientoimaan takymetrin paikalleen, mutta ilman mittausperusteiden tietämystä ei pystytä sanomaan, millä tarkkuudella koje on pystytetty.

Useissa yrityksissä on ainoastaan yksi mittamies, jolloin apua ongelmatilanteisiin ei löydy yrityksen sisältä, vaan apua on etsittävä ulkopuolelta. Mittamiehet ovat helposti verkostoituva ammattiryhmä ja usein apua ongelmatilanteisiin etsitäänkin kollegoilta ympäri Suomea. Mittauslaitteet ja niihin liittyvät ohjelmistot kehittyvät ja muuttuvat koko ajan. On tärkeää antaa mittamiehelle mahdollisuus kouluttautua ja pitää ammatitaitoaan ajan tasalla, sekä järjestää mahdollisuus verkostoitumiseen erilaisten mittamiestapaamisten kautta.

Mittakirvesmies

Mittakirvesmies on talonrakennustyömaan tietopankki. Hoitaa työmaan mittaukset ja aikataulun salliessa tekee myös kirvesmiehen töitä. Usein toiminut ensin kirvesmiehenä, jonka jälkeen kouluttautunut mittaustöihin. Käynyt mittausalan kursseja sekä suorittanut ammattitutkinnon/erikoisammattitutkinnon.



Kuva 1. Mittamies kaivoksessa (Juhani Jalkanen 2011-4-11)

Mittamies

Tekee päätoimisesti mittaustöitä. Työpaikkoina rakennusliikkeet, mittausalan konsulttiyritykset, kaivokset. Kuvassa 1 konsulttiyrityksen mittamies tuuraamassa kaivosmittaajaa. Ollut rakennusalalla töissä ja erikoistunut mittaustöihin. Käynyt mahdollisesti mittausalan kursseja, sekä suorittanut ammatti- tai erikoisammattitutkinnon.

Kartoittaja

Kartoittaja on suorittanut toisen asteen ammatillisissa oppilaitoksissa maanmittausalan perustutkinnon (180 opintopistettä). Koulutus on käytännönläheistä. Tutkinnon voi suorittaa näyttötutkintona ja oppisopimuskoulutuksena. Hallitsee mittauslaitteet ja mittausohjelmistot.

Maanmittausinsinööri

Suorittanut ammattikorkeakoulututkinnon 240 op/ 4 vuotta. Laaja tuntemus mittauslaitteiden toiminnasta ja mittaamisen perusteista sekä eri mittausohjelmistoista.

Rakennusinsinööri ja rakennusmestari

Mittauspuolella toimii myös rakennusinsinöörejä sekä rakennusmestareita. Ammattikorkeakoulun mittauskursseilla käydään pintapuolisesti mittauksen perusteet.

3 MITTAUSKALUSTO

Mittaustöiden onnistuneeseen lopputulokseen vaikuttaa myös käytävissä oleva mittauskalusto. Nykyaikaisella ja säännöllisesti huolletulla mittauskalustolla toimiessa mittaukset nopeutuvat ja mittausten laatu on paras mahdollinen. Takymetri toimii edelleenkin rakennusmittauksissa mittamiehen ensisijaisena työkaluna. GPS/GNSS-laitteiden halventuessa ovat nekin löytäneet tiensä rakennustyömaille, täydentäviksi mittalaitteiksi. Nykyaikaisen mittamiehen kalustoon kuuluukin takymetri ja GPS/GNSS-vastaanotin varustettuna maastotallentimella. Molempia laitteita voidaan käyttää samalla maastotallentimella. Kuvassa 2 takymetrin ja GPS-laitteen yhteiskäyttö.



Kuva 2. Mittamiehen kalusto (Juhani Jalkanen 2011-10-12.)

3.1 Maastotallennin

Maastotallennin on mittalaitteiden aivot, jolla voidaan käyttää yhtä aikaa gps-laitteita sekä takymetriä. Nykyään maastotallentimet on varustettu LCD-näytöillä joissa on internetyhteydet. Internetyhteys mahdollistaa reaaliaikaisen tiedonsiirron mittalaitteen ja toimiston välillä. Tallentimelle voidaan siirtää mittausohjelmista tiedostoja joita käytetään mittauksissa. Useimmat tallentimet lukevat AutoCAD dxf-formaattia, jolloin näytöltä voidaan poimia esimerkiksi viiva joka merkataan maastoon. Perusmittausohjelmien lisäksi voidaan hankkia erilaisia sovellusohjelmia tarpeen mukaan.

3.2 Takymetri

Takymetri on ensisijaisesti kulman- ja etäisyyksienmittauskoje, mutta tietoteknisenä laitteena sillä voidaan tehdä erittäin monipuolisia mittauksia (Laurila 2012, 237). Rakennusmittauksissa mittamiehen ensisijainen työkalu, jolla voidaan suorittaa kaikki rakennustyömaalla tarvittavat mittaukset.

3.3 Gps

Useimmille satelliittipaikannus tarkoittaa GPS-paikannusta. Amerikkalainen GPS-paikannusjärjestelmä (Global Positioning System) mahdollistaa maailmanlaajuisen, reaaliaikaisen paikantamisen milloin tahansa sääolosuhteista riippumatta. (Laurila 2012, 280.) Venäläisillä on oma GNSS-paikannusjärjestelmä (Global Navigation Satellite System) joten voitaisiin puhua maailmanlaajuisesta GNSS-mittauksesta. Kaikki uusimmat laitteet käyttävät samanaikaisesti GPS- ja GNSS-paikannusjärjestelmiä. Eri satelliittijärjestelmien yhteiskäyttö parantaa ja nopeuttaa mittaamista. Uusia rakenteilla olevia järjestelmiä on Eurooppalainen Galileo sekä Kiinalainen COMPASS.

3.3.1 Korjaussignaali

Reaaliaikainen kinemaattinen mittaus eli RTK-mittaus (Real Time Kinematic) on mittaus- ja kartoitustekniikassa käytettävä perusmenetelmä joka sopii tarkkuutensa puolesta hyvin kartoitus- ja merkintämittauksiin (Laurila 2012, 319). Käytettävä korjaussignaali tulee joko kiinteältä tukiasemalta tai kiinteiden tukiasemien muodostamasta

VRS-verkosta (Virtual Reference Station). Geotrim Oy ylläpitää Trimnet VRS, sekä Leica Geosystems Smart Net verkkoa. Tällaisella verkkomenetelmällä päästään perinteitä RTK-menetelmää parempaan tarkkuuteen, sillä etäisyydestä johtuvasta virheestä päästään eroon lähes kokonaan. (Maanmittauslaitos.fi). VRS-palvelusta maksetaan käyttökorvausta palvelun tarjoajalle. Tarjolla on eri lisenssivaihtoehtoja sekä erilaisia palvelusopimuksia käytettävän ajan sekä tarkkuuden mukaan. VRS-palvelun helppous ja toimintavarmuus on käytännössä syrjäyttänyt kiinteät tukiasemat.

3.4 Tarkkuudet

Mittaustarkkuuteen vaikuttavia asioita on useita, joten laitteiden perustuntemus syytä tuntee mittauksia suorittaessa. Takymetrimittauksessa tarkkuudet ovat millimetriluokkaa, uusien laitteiden kohdalla päästään alle 5 mm tarkkuuteen. GPS/GNSS-laitteiden tarkkuudet verkko RTK-mittauksessa ovat senttimetriluokkaa. Jotkin laitevalmistaja lupaavat 1–2 cm tarkkuuksia uusimmille laitteille.

3.5 Mittalaitteiden huolto

Mittalaitteiden tarkkuutta on seurattava jatkuvasti ja niiden säännöllinen huolto sekä kalibrointi on laadukkaan mittauksen lähtökohta. Takymetreille tehdään vuosittain laboratoriossa määrittyskalibrointi jolla tarkistetaan että kojeen mittatarkkuus on valmistajan ilmoituksen mukainen. Mittamies suorittaa työmaalla seurantamittausta, eli kenttäkalibrointiä jonka tarkoituksena on seurata mittaustulosten tarkkuutta edelliseen määrittyskalibrointiin.

Käyttöturvasopimukset ovat vaivattomin tapa pitää mittalaitteet säännöllinen huolto ja ohjelmistojen päivitykset ajan tasalla. Käyttöturvasopimukseen voi sisällyttää sijaislaitteen huollon ajaksi jolloin työmaalla on mittauskalusto käytettävissä koko ajan. Vaihtoehtoisesti laitteiden huolto kannattaa sijoittaa mittamiehen lomien ajaksi. Työmaalla olevat vaatuskoneet ja laseritkin vaativat säännöllisen tarkastuksen. Laitteiden ohjekirjoista löytyy kuinka tarkastuksen voi tehdä työmaalla. Tarkastukset ajankohdat kannattaa pitää ylhäällä jotta ne tulisi tehtyä säännöllisesti.

4 MITTAUSOHJELMISTOT

Mittamiehen tärkein työkalu mittauslaitteiden jälkeen on tietokoneella oleva mittausohjelmisto. Koska ohjelmistot ovat hinnakkaita, kannattaa käyttää aikaa löytääkseen oikeanlainen ohjelmistoratkaisu. Mittausohjelmilla valmistetaan aineistoa mittauslaitteille sekä käsitellään mitattua aineistoa. Ohjelmista voidaan siirtää tietoa suoraan mittauslaitteille ja tarkemitattu tieto voidaan tuoda suoraan mittalaitteelta ohjelmaan jälkikäsitteilyä varten. Ohjelmilla voidaan tehdä erilaisia kolmiomalleja sekä suorittaa massa- ja määrälaskentaa. Tarjolla on useita erilaisia ratkaisuja joista Suomessa yleisimmät ovat kotimaiset 3D-System Oy:n 3D-Win sekä MMies Oy:n mMies-järjestelmä. mMies on enemmän suuntautunut rakennusmittaajien käyttöön.

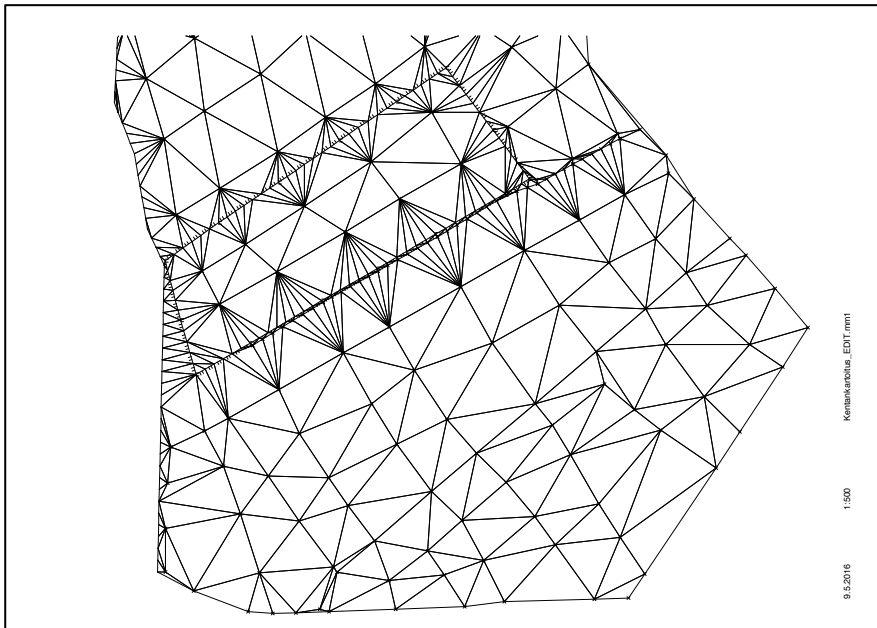
Monilla mittalaittevalmistajilla on omia ohjelmistoja, jotka on suunniteltu ensisijaisesti omille laitemerkeille ja niiden käyttämille tiedostomuodoille.

4.1 Maastomalli

Maastomallilla yritetään kuvata maastoa sellaisena kuin se todellisesti on. Maastomallista voidaan käyttää myös nimitystä pintamalli. Maastomalli on mitattua tietoa maaston pinnanmuodoista sijoitettuna koordinaatistoon (x,y,z). Mitatuista pisteistä lasketaan mittausohjelmalla kolmioverkkoelementti eli maastomalli. Kuvassa 3 on laskettu kolmioverkko kartoitustiedoista. Maastomallista voidaan laskea korkeuskäyrät, poikki- ja pituusleikkaukset sekä neliöverkko. Maastomallia voidaan käyttää muun muassa massalaskennassa ja mitatun aineiston esittämisessä. Kuvassa 4 on kuvan 3 kolmiverkosta lasketut korkeuskäyrät.

4.2 Rakennemalli

Rakennemallista käytetään myös nimityksiä pintamalli, 3d-malli, koneohjausmalli ja toteutusmalli. Rakennemallin lähtötiedot saadaan suunnittelijalta ja niistä lasketaan kolmioverkkoelementti, joka on tässä tapauksessa rakennemalli. Rakennemallia voidaan käyttää mm. 3D-koneohjauksessa, massalaskennassa ja tarkemittauksessa.



Kuva 3 kolmioverkko (Juhani Jalkanen 2015-11-24)



Kuva 4 Kolmioverkosta laskettu korkeuskäyrät (Juhani Jalkanen 2015-11-24)

5 3D-KONEOHJAUS

3d-koneohjauksella tarkoitetaan maanrakennuskoneisiin asennettua järjestelmää joka ohjaa konetta automaattisesti tai opastaa koneen kuljettajaa haluttuun tulokseen. Kaivinkoneissa käytetään yleisesti satelliittipaikannusta ja järjestelmä on opastava. GNSS-antenneilla ja verkko RTK-mittauksella tiedetään kauhan sijainti ja suunta senttimetri tarkkuudella. Tiehöylät on usein varustettu terän automaattisella ohjauksella jolloin terän korkeusasema säätyy automaattisesti. Tiehöyliä ohjaukseen käytetään takymetriä jolloin työstettävästä materiaalista riippuen on mahdollista päästä millimetri-luokan tarkkuuteen. Kuvassa 5 takymetriohjattu tiehöylä.



Kuva 5. Koneohjauksella varustettu tiehöylä (Juhani Jalkanen 2005-6-3.)

Koneohjaus vähentää maastoon merkittävien korkomerkkien määrää huomattavasti, jolloin mittauskustannukset pienenevät. Laitteilla voidaan suorittaa lisäksi tarkemmittauksia rakennettavista tasoista. Mittamiestä tarvitaan mallien tekemiseen, sekä kontrollimittauksiin koneohjausjärjestelmille. Työmaan alussa on oltava tarkkana, että koneohjauslaitteet toimivat samassa järjestelmässä työmaan muiden mittalaitteiden kanssa, jolloin mittauksen vertailu on yhdenmukaista. Uudemmat koneohjausjärjestelmät on varustettu modeemilla, jolloin aineistoa voidaan siirtää suoraan toimistolta koneelle. Kuvassa 6 on 3D-ohjattu kaivinkone tasaamassa eristehiekan pintaa.

Kuvassa 7 kuljettajan näkymä kauhan asemasta kuvan 6 tilanteessa.



Kuva 6. GPS-järjestelmällä varustettu kaivinkone (Juhani Jalkanen 2013-5-13)



Kuva 7. Kuljettajan näkymä kuvan 4 koneen asennosta (Juhani Jalkanen 2013-5-13)

6 TOIMINTA TYÖMAALLA

6.1 Tarjouslaskenta

Tarjouslaskennassa mittamiestä voi käyttää määrien laskentaan. Sähköisistä laskentakuvista pystyy monesti tekemään määrälaskennan lisäksi massojen tilavuuslaskentaa. Kalliopinnan kairauksista on mahdollista tehdä mittausohjelmilla kalliomalli ja hyödyntää sitä laskennassa ja siitä on mahdollista tulostaa erilaisia pintakuvia sekä leikkauksia. Mahdollisuuksien mukaan mittamiestä kannattaa käyttää työmaalla jo laskentavaiheessa mahdollisuuksien mukaan, jolloin voidaan kerätä tarvittavaa mittautietoa jota ei kilpailijalla ole käytettävissä.

6.2 Milloin mittamies työmaalle

Tarjouskilpailun voittamisesta ja urakkasopimuksen allekirjoituksen jälkeen työt saatavat käynnistyä hyvinkin nopeastikin ja käytössä saattaa olla vain laskentavaiheen kuvat. Ennen koneiden tilaamista työmaalle on hyvä toimittaa mittamiehelle työmaan toteutuskuvat, jotta voidaan selvittää onko aineisto muutettavissa mittauslaitteille. Työmaan alussa kannattaa sopia mittamiehen lomista, sekä kuinka hoidetaan mittaukset loman aikana. Lomia tuuraamaan tuleva mittamies kannattaa tilata työmaalle siten, että molemmat mittamiehet ovat työmaalla yhtä aikaa ja käyvät yhdessä läpi työmaalla käytetyn mittaustavan.

6.3 Mittaussuunnitelma

Kaikki mittaustoiminta tulee perustua mittaussuunnitelmaan, joka muodostuu suunnitteluvaiheen edetessä ja täydentyä rakentamismittausten vaatimiin yksityiskohtaisiin mittaussuunnitelmiin (liikennevirasto.fi). Eri virastoilla on omat laatimisohjeensa mittaussuunnitelmien sisällölle. Mittaussuunnitelman laatii mittaustöistä vastaava henkilö. Rakennustyömaan mittaussuunnitelma sisältää minimisään seuraavat kohdat.

- Rakennushankkeen nimi ja sijainti
- Mittaussuunnitelman laatija
- Mittauksissa käytettävä kalusto ja sen kalibroitodistukset

- Mittauksissa käytettävä tasokoordinaattijärjestelmä
- Mittauksissa käytettävä korkeusjärjestelmä
- Mittausperustan tiedot
 - o Selvitys lähtö- ja apupisteistä koordinaatteineen
 - o Kartta pisteiden sijainneista
- Mitattavat kohteet
- Mittaustulosten dokumentointi.

6.4 Mittauskaluston valinta työhön

Mittaustyöhön tulee valita sopivin mittauslaite tarkkuuden ja taloudellisten perusteiden mukaan. Vaikka takymetrillä pystytään suorittamaan suurin osa rakentamisen mittauksista ei se sopivin työkalu kaikkiin mittauksiin. Nykyisin robottitakymetrin yleistyessä mittamies suorittaa työn usein yksin. Rakentamisessa on paljon työvaiheita missä perinteisen mitta-apurin käyttö on perusteltua työn nopeuden sekä työturvallisuuden näkökulmasta.

6.5 Rakennuspaikan merkintä

Rakennuksen paikan ja korkeusaseman maastotonmerkintä on tehtävä enne rakennustyöhön ryhtymistä, jos rakennusluvassa on näin määrätty. Merkintä tehdään asiakkaan tilauksesta sen jälkeen, kun rakennuslupa on myönnetty. Merkintämittauksen ajankohta on syytä valita niin, että rakennusala on raivattu ja pintamaa kuorittu. (Kuopio.fi). Tapauskohtaisesti voi sopia kaupungin mittausryhmän kanssa lähtöpisteiden tekemisestä, jolloin pisteet säilyvät koko rakentamisen ajan.

6.6 Mittausperustan tekeminen

Mittausperustalla, "lähtöpisteet" tarkoitetaan työmaalla olevia tai sinne rakennettavia kiintopisteitä, joilla on taso- ja korkeuskoordinaatti. Lähtöpisteiden avulla työmaa si-
dotaan valtakunnalliseen tai kunnalliseen koordinaattijärjestelmään.

Lähtöpisteiden mittaamisessa tulee kiinnittää huomiota erityisesti pisteiden tarkkuuteen sekä niiden rakentamiseen mahdollisimman kiinteisiin kohteisiin. Lisäksi pisteitä tulee olla riittävästi kattamaan työmaa-alue, koko rakentamisen ajan.

6.7 Koordinaatistot

Työmaalla ennen mittausten suorittamista tulee selvittää käytettävissä olevat, taso- ja korkeuskoordinaatistot. Käytössä oleva järjestelmä selviää urakka-asiakirjoista. GPS-laitteissa on valittavissa useita eri koordinaatistoja jotka muistuttavat toisiaan. Suomessa käytetään nykyään N2000 korkeusjärjestelmää, sekä ETRS-GKn tasokoordinaatistoa. ETRS on koordinaattijärjestelmän nimi, GK kuvaa käytettävää karttaprojektiota, sekä n korvataan kaistanumerolla. GPS-mittauksessa N2000-korkeusjärjestelmässä käytetään FIN2005N00-geodimallia, jota ei pidä sotkea FIN2000 geodimalliin joka vastaa N60 korkeusjärjestelmää. Alla olevassa taulukossa kuvattu eri koordinaatistojen eroja.

TAULUKKO 1. Taulukko tehty Maanmittauslaitoksen julkaisun, ETRS89 koordinaattijärjestelmä käyttöön

Koordinaatisto	N	E
ETRS-GK27	6678025.525	27385488.658
ETRS-TM35FIN	6675354.305	385534.463
KKJ3	6678157.614	3385657.384

Helpoiten koordinaatistojen eron huomaa itäkoordinaateista, joissa on eri määrä numeroita järjestelmien välillä. ETRS-GKn järjestelmässä itäkoordinaattien kaksi ensimmäistä numeroa kertoo käytössä olevan kaistan.

6.8 Mittausaineiston käsittely

Aineiston käsittelyllä tarkoitetaan, sähköisen suunnitteluaineiston muokkaamista maastotallentimen käyttämään muotoon. Suunnittelutoimistot käyttävät monenlaisia ohjelmia rakennesuunnitteluun ja työmaalle saapuva sähköinen aineisto poikkeaa huomattavasti toisistaan. Aineiston laatuun vaikuttaa myöskin kuinka hyvin suunnittelija on seurannut alan kehitystä mittauksien osalta työmaatoiminnassa. Suunnittelijalta saatu aineisto sisältää yleensä mittaamisen kannalta liian paljon tietoa, joka on poistettava kuvista ennen tiedonsiirtoa maastotallentimelle. Työmaalle saapuvien

kuvien koordinaatisto on tarkastettava ja tarvittaessa kuvat on muunnettava työmaalla käytettävän koordinaatiston mukaiseksi.

Usein rakennushankkeiden käynnistyessä on työmaalla käytössä tarjouslaskentavaiheen piirustukset. Onkin oltava tarkkana mitä mittausaineistoa voidaan varmuudella käyttää ja mitä aineistoa kannattaa etukäteen muokata mittauskäyttöön. Suunnittelijoihin kannattaa olla suoraan yhteydessä ja esittää toiveita käytettävistä tiedostomaateista ja työmaalle toimitettavista aineistoista. Uusimmista suunnitteluohjelmista pystyy tallentamaan suoraan mittalaitteille käyviä tiedostomaatteja.

6.9 Lähtötietojen kartoitus

Mitä enemmän työkohteesta on mitattua tietoa, sitä helpompaa on työnsuunnittelu. Kaikkien rakennusalueella olevien ja siihen liittyvien rakenteiden mitat on hyvä tarkistaa, jotta rakentamisvaiheessa välttyttäisiin mahdollisilta epäjatkuvuuskohdilta. Putkilinjojen todelliset liitoskorkeudet on hyvä mitata ennen kaivojen tilaamista työmaalle, jotta välttyttäisiin kaivomuutoksilta työaikana.

6.10 Tarkemittaus

Tarkemittauksien laajuus on usein sanottu urakkaohjelmassa ja ne tulisi kirjata mittausuunnitelmaan. Lähtökohtaisesti tarkemittaukset suoritetaan kaikista maanalle tai muuten piiloon jäävistä rakenneosista. Tarkemittausten perusteella tehdään työmaan luovutuskansioon toteutumakuvat jotka luovutetaan tilaajan käyttöön.

6.11 Määrämittaus

Määrämittaus on pinta-alojen ja tilavuuksien mittaamista. Hankkeen urakkamuoto määrittää omalta osaltaan määrämittauksen laajuuden. Suoritusperusteisissa urakoissa maksetaan urakoitsijalle työn kokonaissuorituksen tai tehtyjen yksiköiden mukainen korvaus. Yksikköhinta ja laskutyöurakassa on tilaajalle esitettävä laskelmat toteutuneista määristä laskutuksen yhteydessä.

Lisäksi jotkin työvaiheet, kuten louhinnat annetaan aliurakoitsijoille tehtäväksi yksikköhinnoilla, jolloin näistä on suoritettava määrämittaus ja massalaskenta. Infrarakentamisessa InfraRYL:n määrämittausohje määrittää kuinka eri rakennusosat tulee mitata ja laskea.

6.12 Työnjohdon tehtävät mittaustöissä

Työmaan onnistumiseen mittaustöiden osalta edellyttää saumatonta yhteistyötä mittamiehen ja työnjohdon välillä. Mittamiehellä pitää olla tieto kuinka rakennushankkeen on tarkoitus edetä ja minkälaisessa aikataulussa. Myös mahdollista tulevista muutoksista on hyvä ilmoittaa mahdollisimman pian, jotta vältetään turhalta aineistojen tekemiseltä mittalaitteille. Projektipankki on toimiessaan hyvä työmaan mittaustiedon hallintaan ja kuvien päivittämiseen. Valitettavan usein vieläkin projektipankissa on vanhentunutta tietoa, mitä käytetään työmaalla rakentamiseen. Jos työmaalle toimitaan kuvia sähköpostitse on huolehdittava, että mittamies on kuvien jakelulistalla. Vaikka työmaakuvat liikkuvat nopeasti tietokoneella on kokonaisuuksien hahmottaminen usein helpompaa paperikuvista. Mittamiehelle kannattaa hommata työmaan alussa tarvittavat paperikuvat sekä urakkaan kuuluvat ohjeet, sekä työkohtaiset laatuvaatimukset ja selostukset.

7 MITTAUSVIRHEET

”Mittavirhe” on huudahdus mitä työmailla kuulee satunnaisesti. Huudahduksen syynä on työmaalla havaittu poikkeama, jonka syynä voi olla mittauksessa, suunnittelussa tai rakentamisessa tapahtunut poikkeama. Mitä aikaisemmin virhe huomataan, sitä halvemmaksi sen korjaaminen yleensä tulee. Niin kauan kuin rakentamista tapahtuu, tulee olemaan myös virheitä. Niitä ei pidä hyväksyä, vaan ottaa oppia ettei samat virheet toistuisi uudestaan.

Virheet jaetaan niiden hallinnan näkökulmasta kolmeen ryhmään: systemaattisiin, karkeisiin ja satunnaisiin virheisiin.

Esimerkiksi kaikissa Havannoissa samansuuruisena ilmenevä virhe on systemaattinen virhe. Systemaattiselle virheelle on periaatteessa aina löydettävissä jokin syy, joka vaikuttaa kaikkiin havaintoihin tai tiettyyn ryhmään havaintoja.

Karkeat virheet ovat luonteeltaan erehdyksiä tai ne johtuvat viallisista kojeista tai poikkeavista olosuhteista. Karkeallekin virheelle on aina löydettävissä jokin syy, mutta se vaikuttaa vain yksittäisiin havaintoihin.

Satunnaiset virheet ilmenevät havaintojen vaihteluna mittauksia toistettaessa, vaikka mittausolosuhteet tai –ajankohta eivät vaihtelisikaan. Satunnaisille virheille ei ole löydettävissä erityistä syytä. Ne vaikuttavat kaikkiin havaintoihin tavalla, jota ei voi täsmällisesti ennustaa. (Laurila 2012, 35.)

Nykyään kaikki mittausaineisto siirretään tietokoneelta suoraan maastotallentimelle, jolloin perinteiset näppäilyvirheet tiedonsiirrossa vähenevät. Koska aineisto tehdään toimistossa, onkin mittausvirheiden tekeminen siirtynyt osittain työmaalta toimistoon. Rakennushankkeiden kireät aikataulut on omalta osaltaan vaikuttamassa suunnittelussa, aineiston tekemisessä ja mittauksessa tapahtuviin karkeisiin virheisiin.

Sanna Ruohosen opinnäytetyöhön tekemässä haastattelussa, mittaajat kokivat suurimmiksi virheiden syyksi kiireen, huolimattomuuden ja lähtötietojen puutteellisuuden. Kiire ja huolimattomuus, kulkevatkin käsi kädessä virheiden syntyessä. Satelliittipaikannus osoittautui virheiden kannalta haasteellisemmaksi mittausmenetelmäksi. Satelliittipaikantaminen käytössä asetusten määrittely on erittäin tärkeää, koska mittaminen alkaa tiedoilla, jotka mittaja on määrittänyt. (Ruohonen 2015.)

8 POHDINTAA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kerätä tietoa vastavalmistuneille rakennusalan työnjohtajille mittauksista ja mittauksia tekevien henkilöiden taustoista, sekä yhteistyöstä mittaajien kanssa. Työssä hyödynsin omaa yli 25-vuoden kokemusta rakennustyömailta, josta mittaustyökokemusta kaksikymmentä vuotta. Koska työssä käsitellään aihetta paljon kirjoittajan kokemuksista ja näkemyksistä asiaan, lopputulos jäi hieman suppeaksi. Työssä on kuitenkin ne tärkeimmäksi kokemani asiat joita aloittelevan työnjohtajan tulisi tietää ja huomioida työmaalle mennessään.

Työhön olisin voinut lisätä enemmän eri mittauksien perusteista ja mittaustavoista. Tästä työstä ne jätettiin pois, koska ne kuuluvat opinnäytetyön kohderyhmän opinto-ohjelmaan. Jos aloittaisin opinnäytetyön tekemisen uudelleen, ensimmäiseksi tekisin haastattelun uusille työnjohtajille kartoittaakseni aihealueen tarkemmin.

Mittauslaitteiden käytön helppous on lisännyt laitteiden käyttäjäkuntaa, varsinkin GPS-mittauksen osalta. Rakennushankkeiden urakkakilpailun ollessa tiukkaa, yritykset hankkivat enemmän määrin GPS-laitteita ja suorittavat mittaukset itse, varsinkin maanrakennusvaiheessa. Usein mittaustyöhön valitaan viimeisin koulusta valmistunut, jolla on ollut mittauskursseja opinto-ohjelmassa tai kuka on joutavin suorittamaan mittaustyön.

Savonia-ammattikorkeakoulussa, Rakennusmestarin koulutusohjelmassa on 3 opintopisteen kurssi mittaustekniikan perusteista ja Insinöörin koulutusohjelmassa 2 opintopisteen laajuinen kurssi, infra-alan keskeisistä mittausmenetelmistä. Mittauslaitteiden maahantuoijat antavat 1–2 päivän koulutuksia kaluston ostajille.

Riittääkö näin hankittu mittausalan tietämys suorittamaan mittauksia työmaalla? Minun mielestä, näillä tiedoilla osataan käyttää laitteita, muttei pysytä sanomaan millä tarkkuudella mittauksia suoritetaan. Hyvän mittaustavan merkitystä rakennushankkeen taloudelliseen ja laadulliseen lopputulokseen ei voi väheksyä. Laitteiden helpokäyttöisyys antaa tunteen, että mittaustyöt ovat helppoja ja niitä pystyy suorittamaan kuka vain.

Mittausalan ammattilaistenkin mielestä GPS-mittaus on menetelmästä se, missä virheiden tekemisen mahdollisuus on suurin. Työnjohtajan tulisikin suhtautua kriittisesti

omaan mittaustaitoon ja tiedostaa riskit virheistä, tehdessään mittaustöitä. Virheiden tekeminen kuuluu osaksi mittaustöitä ja niiltä ei voida täysin välttyä. Virheitä tulisi käsitellä asiallisesti, selvittää virheeseen johtaneet tapahtumat, sekä oppia niistä ja välttää samojen virheiden tekemistä uudelle.

Pienemmissä maanrakennushankkeissa onkin perusteltua, jos mittauksen ja työnjohdon tehtävät pysyy suorittamaan sama henkilö. Tällöin pystytään saamaan suuriakin säästöjä mittauskustannuksissa, hankkeen kokoon nähden. Päästäkseen hyvään lopputulokseen, työnjohdolla tulee olla riittävä lisäkoulutus ja oma kiinnostus oppia työn ohessa mittaustekniikkaa. Suorittaessa massalaskentaa, hyvän laskentaohjelman käyttötuntemuksen lisäksi, pitää hallita määrämittaushjeet. Ilman määrämittaushjeiden tuntemusta, ei pystytä luotettavalla tavalla erittelemään rakennushankkeiden massoja.

Rakennusliikkeille hankitaan enemmän määrin mittauskalustoa ja mittauksen suorittaa työnjohtaja muiden töiden ohessa. Ammattikorkeakoulujen tulisi reagoida tähän tilanteeseen ja tarkastaa työnjohdon opetussuunnitelmiaan. Kolmen opintopisteen mittauskurssilla ei pystytä antamaan riittävää mittaustietoutta, jotta mittaukset pystyttäisi suorittamaan hyvää mittaustapaa noudattaen. Työnjohdon koulutusohjelmaan tulisi sisällyttää työmaamittauksia käsittelevä kurssi. Kurssin pääpaino voisi olla työnjohdon yleisesti käyttämien mittalaitteiden hallinta ja virheiden tunnistaminen.

LÄHTEET

LAURILA, P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet 4. Uudistettu painos. Jyväskylä: Kopijyvä Oy.

Liikenevirasto.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2016-05-19] Saatavissa:
alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2000024-v-08tienrakent_mittaussuunn_laot.pdf
Polku: liikenevirasto.fi Aineistot. Julkaisut.

Maanmittauslaitos.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2016-05-19] Saatavissa:
<http://www.maanmittauslaitos.fi/ammattilaisille/maastotiedot/koordinaatti-korkeusjarjestelmat/etrs89-euref-fin/satelliittimittaus-eli-gps-mittaus>
Polku: maanmittauslaitos.fi Ammattilaisille. Maastotiedot. Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät. ETRS89. GPS-mittaus.

Kuopio.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2016-05-19] Saatavissa:
www.kuopio.fi/web/tontit-ja-rakentaminen/rakennusvalvontamittaukset
Polku: kuopio.fi Asuminen ja ympäristö. Rakennusvalvonta. Rakennusvalvontamittaukset.

Ruohonen, S. 2015. Mittausvirheiden havaitseminen ja kontrollointi maastomittauksessa. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. Ylempi AMK-tutkinto. Opinnäytetyö. [Viitattu 2016-05-19.] Saatavissa:
<https://theseus.fi/handle/10024/6711/browse?value=Ruohonen%2C+Sanna&type=author>